

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-327569

(43)Date of publication of application : 08.12.1998

(51)Int.Cl. H02K 29/08
 H02K 7/12
 H02K 16/02
 H02P 6/04

(21)Application number : 09-134702

(71)Applicant : HITACHI METALS LTD

(22)Date of filing : 26.05.1997

(72)Inventor : MASUZAWA MASAHIRO

HIRAO NORIYOSHI

SASAKI TAKASHI

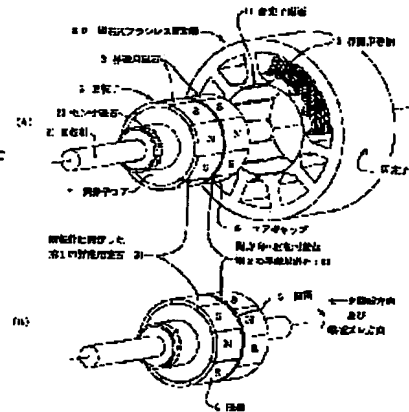
MITA MASAHIRO

(54) PERMANENT-MAGNET BRUSHLESS MOTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make a permanent-magnet brushless motor usable at a high conversion efficiency with strong torque to a large number of revolutions by imparting a relative rotational force to a second field magnet from the moving-side shaft of a governor when the governor is moved along the guide of a fixed member fixed to the rotating shaft of a rotor by a centrifugal force as the number of revolutions of the rotor increases.

SOLUTION: Since magnetic fluxes generated from both first and second field magnets 31 and 32 are efficiently introduced to the magnetic poles 11 of a stator and interlinked with field windings 12, the magnetic fluxes leaking to the surrounding structure of a brushless motor are suppressed smaller and the occurrence of such a loss as the eddy current loss, etc., in the surrounding structure can be avoided. In addition, the phase of the resultant magnetic pole of the first and second magnets 31 and 32 against the magnetic pole of the magnet 31 changes as a rotor 2 rotates. For a brushless DC motor, the maximum torque can be obtained by making the center of the conducting period of a winding for generating field magnetic field coincident with the N-S switching point of the field magnetic poles, theoretically.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-327569

(43) 公開日 平成10年(1998)12月8日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 2 K 29/08

H 0 2 K 29/08

7/12

7/12

A

16/02

16/02

H 0 2 P 6/04

H 0 2 P 6/00

3 0 1

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平9-134702

(22) 出願日

平成9年(1997)5月26日

(71) 出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72) 発明者 増澤 正宏

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地 日立金属株式会社磁性材料研究所内

(72) 発明者 平尾 則好

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地 日立金属株式会社磁性材料研究所内

(72) 発明者 佐々木 崇

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地 日立金属株式会社磁性材料研究所内

(74) 代理人 弁理士 森田 寛

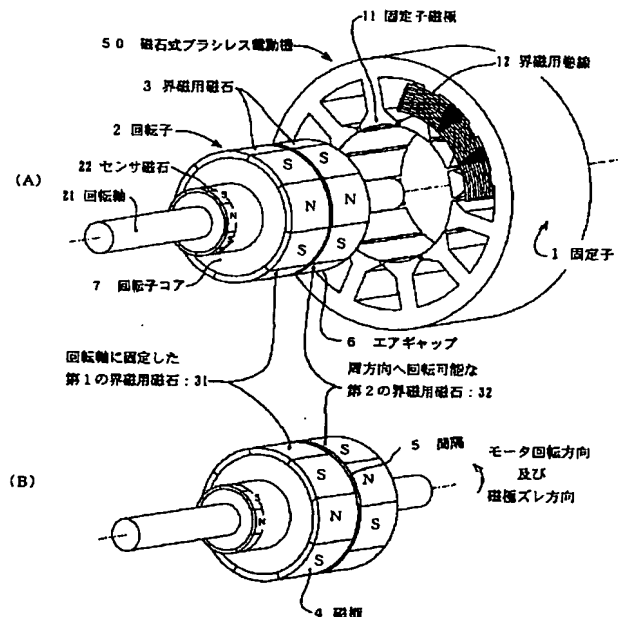
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁石式ブラシレス電動機

(57) 【要約】

【課題】 低回転時は高いトルクが得られ、従来の3倍近い高い回転数まで変換効率よく使用できる磁石式ブラシレス電動機を提供する。

【解決手段】 回転子の界磁用磁石は、第1の界磁用磁石とこれに対して相対回転ができる第2の界磁用磁石からなり、界磁用磁石の合成した磁極の位相を第1の界磁用磁石に対して回転子の回転に伴い変化させる機構を有し、この機構は、低回転時には第1と第2の界磁用磁石の同じ磁極を並ばせ、回転数の上昇に伴い遠心力によりガバナが動き、第2の界磁用磁石に相対回転力を付与する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の固定子磁極とこの固定子磁極に回転磁界を発生するための巻線を有する固定子、回転軸とこの回転軸に設けられており前記複数の固定子磁極に対して回転する界磁用磁石を有する回転子、および界磁用磁石の磁極の固定子に対する位置を検出してその位置に応じて前記巻線に電流を供給する制御回路を有している磁石式ブラシレス電動機において、前記界磁用磁石は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の界磁用磁石とこの第1の界磁用磁石に対して相対回転が可能で回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第2の界磁用磁石からなり、前記の第1と第2の界磁用磁石は前記固定子磁極に対向しているとともに、前記の第1と第2の界磁用磁石の合成した磁極の位相を第1の界磁用磁石の磁極に対して回転子の回転に伴い変化させる機構を有し、この回転に伴い変化させる機構は、回転子の回転数が低いときに前記第1と第2の界磁用磁石の同じ極性の磁極を並ばせる手段と、回転子の回転数の上昇に伴い遠心力によりガバナの可動側軸が回転軸に固定された固定部材のガイドに沿って動き、第2の界磁用磁石に相対回転力を付与する手段とを有していることを特徴とする磁石式ブラシレス電動機。

【請求項2】 前記の第1と第2の界磁用磁石の合成した磁極の位相を第1の界磁用磁石の磁極に対して回転子の回転に伴い変化させることによって、進角が変化することを特徴とする請求項1記載の磁石式ブラシレス電動機。

【請求項3】 回転子の回転の上昇に伴い遠心力によりガバナの可動側軸が回転軸に固定された固定部材のガイドに沿って動き、第2の界磁用磁石に相対回転力を付与する前記の手段は、前記固定部材には複数の固定軸およびその固定軸を中心とした弧状のガイドを有しており、一端が前記の各固定軸で固定部材に保持されておりその固定軸に対して回転するとともに他端に前記の可動側軸が前記弧状のガイドに係合して設けられている前記ガバナを複数個有し、このガバナの可動側軸が弧状のガイドに沿って動くことによって第2の界磁用磁石に相対的回転力を付与することを特徴とする請求項1あるいは2記載の磁石式ブラシレス電動機。

【請求項4】 回転子の回転数が低いときに前記第1と第2の界磁用磁石の同じ極性の磁極を並ばせる前記の手段は、ガバナの遠心力に抗して第2の界磁用磁石を原位置に復帰させる手段であることを特徴とする請求項1～3いずれかに記載の磁石式ブラシレス電動機。

【請求項5】 ガバナの遠心力に抗して第2の界磁用磁石を原位置に復帰させる前記の手段は、一端が前記回転軸に固定され他端が第2の界磁用磁石に付けられているゼンマイ式のばねを有していることを特徴とする請求項

4に記載の磁石式ブラシレス電動機。

【請求項6】 ガバナの遠心力に抗して第2の界磁用磁石を原位置に復帰させる前記の手段は、各ガバナの可動側軸を連結し、ガバナの遠心力に抗して引き合っているゴム部材を有していることを特徴とする請求項4に記載の磁石式ブラシレス電動機。

【請求項7】 ガバナの遠心力に抗して第2の界磁用磁石を原位置に復帰させる前記の手段は、第1と第2の界磁用磁石の対向した端面に設けられ吸引しあうように磁化されている永久磁石を有していることを特徴とする請求項4に記載の磁石式ブラシレス電動機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は永久磁石を界磁に用いた電動機（例えば、電気自動車の動力源等）として有用な磁石式ブラシレス電動機に関する。

【0002】

【従来の技術】 自動車等の内燃機関では高いトルクを発生する回転領域が非常に狭い。そこで、図8に示すように、何種類ものギア比の異なる歯車で構成されたトランスミッションを用いて、低速から高速まで任意の速度で走れるようにしている。

【0003】 ところが、永久磁石を用いた従来のブラシレスDC電動機の回転数とトルクの関係は図9に示すように、トルクは回転数に逆比例して回転数が大きくなるに従い直線的に低下する。電動機にかかる電圧を V 、電動機の界磁が作る磁界の強さに界磁の有効面積をかけた総磁束を Φ 、電機子の巻線数を Z 、抵抗を R とすると、回転数の最大値（ n_{max} ）は $V/\Phi Z$ 、トルクの最大値（ T_{max} ）は $\Phi Z V/R$ となる。電圧 V が二倍になると最大トルク、最高回転数はともに二倍に増加する。巻線数 Z を変えることにより最大トルクや最高回転数を変化させることもできる。また、総磁束 Φ が大きいくほどトルクは大きくなるが、電機子側での磁気飽和に留意して上限値を定める必要がある。

【0004】 しかし、従来のブラシレスDC電動機では、低速回転域で高いトルクが得られるが、回転数の可変範囲が狭いために高速回転することが困難であった。そこで「弱め磁界」という手法により高速回転時には総磁束 Φ を下げることによって回転数の最大値（ n_{max} ）を上げることが考えられる。低回転数のときは大きな総磁束 Φ で図9の実線で示すようなトルクを得て、回転数が高くなったときには総磁束 Φ を小さくして図9の破線で示すような特性を得ることによって、より高い回転数まで回転させることが考えられる。

【0005】 また、回転数とともに総磁束を変えることが発電機の場合に提案されている。特開平7-236259号「永久磁石式発電機」には、回転子に用いている界磁用永久磁石の複数極からの鎖交磁束によって固定子に起電力を生じる永久磁石式発電機で、前記界磁用永久

磁石と近接してその側面で同軸上に回転自在に配置され前記界磁用永久磁石と同極数の磁束バイパス用の永久磁石と、回転子の回転数に応じて変位するガバナ機構と、このガバナ機構の変位に対応して前記磁束バイパス用の永久磁石を磁極性の半サイクル分回転させ得ようになり、回転子の停止時には前記バイパス用の永久磁石の磁極性を界磁用永久磁石の磁極性と同極性に配置し、高速域では前記ガバナ機構によって前記バイパス用の永久磁石を界磁用永久磁石と逆極性の位置に回転するものが開示されている。このようにして、低速回転時には界磁用永久磁石の磁極からの鎖交磁束を大として、高速回転時には界磁用永久磁石からの鎖交磁束を弱くして、発電電力を一定にしようとするものである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記弱め界磁制御方式は、トルクと回転数と、時には回転加速度を常に監視し、それらの数値を基に複雑な計算を行って電流の大きさと位相とを制御しなければならず、高速なコンピュータを含む複雑で高価な制御回路が必要になる。

【0007】また、従来の磁石式ブラシレスDC電動機において、上記従来の発電機のように界磁用永久磁石の側面で磁極を短絡させることによって鎖交磁束量を小さくしようとしても十分には小さくすることができないことが判明した。すなわち、回転数の最大値 $n_{max} = V / \Phi Z$ の式から明らかなように、 n_{max} （無負荷回転数ともいう）を2倍以上にする手段が総磁束 Φ の単純な低下による場合には50%以上も低下させる必要があるが、界磁用磁石の側面を短絡しただけでは多くとも約20～30%未満低下するだけであることを本発明者らは確認している。また、上記従来の発電機では、磁束バイパス用の永久磁石が発電機の回転子と固定子とで構成されている閉じた磁気回路の外にあるので発電機の出力にはほとんど寄与しないのみならず、磁束バイパス用の永久磁石の近傍にモータケースなどの導電性および/または磁性の構造物が存在する場合にはそのバイパス用の永久磁石の発する磁束によってモータケースなどの内部に渦電流を発生させるか、あるいは磁性体との吸引力により電動機の変換効率が低下することが考えられる。さらに、そのバイパス用永久磁石が追加部品となるため、発電機が大型化しやすいという欠点を有する。

【0008】そこで本発明は、低い回転数の時は従来のものと同じように高いトルクが得られるとともに、従来のものに比較して3倍近い高い回転数まで高いトルクで変換効率よく使用できる磁石式ブラシレス電動機（例えば、自動車の駆動用等）を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の磁石式ブラシレス電動機は、複数の固定子磁極とこの固定子磁極に回転磁界を発生するための巻線を有する固定子、回転軸とこ

の回転軸に設けられており前記複数の固定子磁極に対して回転する界磁用磁石を有する回転子、および界磁用磁石の磁極の固定子に対する位置を検出してその位置に応じて前記巻線に電流を供給する制御回路を有しているものであり、前記界磁用磁石は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の界磁用磁石とこの第1の界磁用磁石に対して相対回転が可能で回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第2の界磁用磁石からなり、前記の第1と第2の界磁用磁石は前記固定子磁極に対向しているとともに、前記の第1と第2の界磁用磁石の合成した磁極の位相を第1の界磁用磁石の磁極に対して回転子の回転に伴い変化させる機構を有し、この回転に伴い変化させる機構は、回転子の回転数が低いときに前記第1と第2の界磁用磁石の同じ極性の磁極を並ばせる手段と、回転子の回転数の上昇に伴い遠心力によりガバナの可動側軸が回転軸に固定された固定部材のガイドに沿って動き、第2の界磁用磁石に相対回転力を付与する手段とを有していることを特徴とするものである。

【0010】また、前記の第1と第2の界磁用磁石の合成した磁極の位相を第1の界磁用磁石の磁極に対して回転子の回転に伴い変化させることによって、進角が変化することが好ましい。

【0011】また、回転子の回転の上昇に伴い遠心力によりガバナの可動側軸が回転軸に固定された固定部材のガイドに沿って動き、第2の界磁用磁石に相対回転力を付与する前記の手段は、前記固定部材には複数の固定軸およびその固定軸を中心とした弧状のガイドを有しており、一端が前記の各固定軸で固定部材に保持されており、その固定軸に対して回動するとともに他端に前記の可動側軸が前記弧状のガイドに係合して設けられている前記ガバナを複数個有し、このガバナの可動側軸が弧状のガイドに沿って動くことによって第2の界磁用磁石に相対的回転力を付与することが好ましい。

【0012】回転子の回転数が低いときに前記第1と第2の界磁用磁石の同じ極性の磁極を並ばせる前記の手段は、ガバナの遠心力に抗して第2の界磁用磁石を原位置に復帰させる手段であることが好ましい。このガバナの遠心力に抗して第2の界磁用磁石を原位置に復帰させる手段は、一端が前記回転軸に固定され他端が第2の界磁用磁石に付けられているゼンマイ式のばねを有していることができる。また、この手段は、各ガバナの可動側軸を連結し、ガバナの遠心力に抗して引き合っているゴム部材を有していることができる。また、この手段は、第1と第2の界磁用磁石の対向した端面に設けられ吸引しあうように磁化されている永久磁石を有していることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下に本発明を詳説する。図1に本発明の一態様である磁石式ブラシレスDC電動機的主要部を分解したものの斜視図を示す。

【0014】図1(A)において、固定子1には複数(この図では12極)の固定子磁極11に回転磁界を発生するための界磁用巻線12が巻かれている。回転子2は、回転軸21と、界磁用磁石3と、この界磁用磁石3の磁極位置を示すために回転軸21に固定されているとともにその外周面の回転方向に界磁用磁石3と同様の中心角を有した磁極パターンを形成したセンサ磁石22(例えば、フェライト系のプラスチック磁石等)を有している。界磁用磁石3は回転軸21のまわりに強磁性の回転子コア7を介して固定された第1の界磁用磁石31およびこの第1の界磁用磁石31に相対回転できるようにした強磁性の回転子コア8上に設けられた第2の界磁用磁石32とからなっている。第1、第2の界磁用磁石31、32はともに外周面の回転方向に交互に等間隔で異なった8極の磁極4を形成した同一寸法のリング状Nd-Fe-B磁石(例えば、日立金属(株)製の異方性焼結磁石:HS40AH等)である。界磁用磁石3の任意磁極の固定子1に対する位置をセンサ磁石22で示し、その磁極位置に応じて界磁用巻線12に通電する電流を切り換える制御回路(図示せず)が付設されていて、固定子磁極11に所定の回転磁界を発生させるようになっている。

【0015】図示の通り、第1、第2の界磁用磁石31、32はともに狭いエアギャップ6を隔てて固定子磁極11に対向配置されて本発明の磁石式ブラシレス電動機50を構成している。この構成により、第1、第2の界磁用磁石31、32から発した磁束はともに固定子磁極11に効率良く導かれて界磁用巻線12と鎖交するので、周囲の構造物に漏れる磁束が小さく抑えられて周囲の構造物で渦電流損等の損失を発生する問題を回避することができる。

【0016】図1(B)に、第2の界磁用磁石32を第1の界磁用磁石31に対して相対的に回転子2の回転方向に回転させることによって両者の磁極位置をずらした状態を示した。第1と第2の界磁用磁石31、32を合成した磁極の第1の界磁用磁石31の磁極に対する位相はこのように回転子2の回転に伴い変化することになる。

【0017】界磁用巻線12への通電は、センサ磁石22の磁極をホール素子などの検出手段(図示せず)で検出し、制御を行っている。ブラシレスDC電動機の場合、理論上回転磁界発生用巻線の通電期間の中心は界磁用磁極のNS切り替わり点と一致させることにより最大トルクを得られる。しかし、回転磁界発生用巻線のインダクタンス等による通電司令信号に対する電流立ち上がりの遅れを見越して、通電期間の中央を界磁用磁極のNS切り替わり点より回転順方向に進ませることが広く行われており、この通電期間を進ませる角度を一般に進角と呼んでいる。本発明ではこの進角の設定も重要である。

【0018】図2(A)および図2(B)にセンサ磁石22の磁極と第1の界磁用磁石31および第2の界磁用磁石32の磁極との位置関係を示した。図1(A)および図2(A)では第1の界磁用磁石31と第2の界磁用磁石32とは同じ磁極が隣り合っているため第1と第2の界磁用磁石31、32の合成した磁極の位相(例えば、その合成磁極の中心)はセンサ磁石22および第1の界磁用磁石31の磁極と同じ位相(以下で「原位置」と呼ぶことがある)にあるが、図1(B)および図2(B)では第1の界磁用磁石31に対して第2の界磁用磁石32が回転順方向にずれた状態を示している。ここで、第1の界磁用磁石31と第2の界磁用磁石32とが略同じ磁束量を発生しているとともに第2の界磁用磁石32が第1の界磁用磁石31に対して a 度回転順方向にずらされた場合、第1と第2の界磁用磁石31、32の合成した磁極の位相は第1と第2の界磁用磁石31、32の磁極位相の平均値となり、その合成した磁極の位相(例えば、その合成磁極の中心)は第1の界磁用磁石31の磁極の位相(例えば、その磁極の中心)に対して回転順方向に進角: $a/2$ 度だけ進むことになる。

【0019】そして、第1と第2の界磁用磁石31、32の合成した磁極の第1の界磁用磁石31に対する位相を回転子2の回転に伴い変化させる機構によって、回転子2の回転数が低い時には図1(A)や図2(A)のように第1と第2の界磁用磁石31、32の同じ磁極が並ぶようにし、回転数が高い時には両者の磁極がずれて図1(B)や図2(B)に示すようになることが望ましい。すなわち、磁極がずれた場合には第1の界磁用磁石31の任意のS極と第2の界磁用磁石32のN極とが、第1の界磁用磁石31の任意のN極と第2の界磁用磁石32のS極とが回転軸21の長手方向から見た場合に部分的に重なることになる。このように両者の反対の磁極同士が隣接している部分では発生磁束の局所的な短絡が生じるので固定子1側の界磁用巻線12に到達する鎖交磁束量が減少することになる。すなわち、回転数が高い時には両者間の相対的な磁極ずれ量に応じてその鎖交磁束量を減少させるとともに、回転数が低い場合には第1、第2の界磁用磁石31、32の同じ極性の磁極が回転軸21のまわりで並ぶことにより鎖交磁束量が最大となる。

【0020】本発明の永久磁石式ブラシレス電動機50は以上のような構成を備えているので、広範囲の回転数変化に応じて鎖交磁束量を制御することが可能である。上記図1では第1の界磁用磁石31とセンサ磁石22の磁極位相が固定され、第2の界磁用磁石32が第1の界磁用磁石31に対して相対回転可能であるとともに、高速回転時には第2の界磁用磁石32の磁極が第1の界磁用磁石31の磁極に対して回転子2の回転順方向に相対的にずれる構成をとっている。

【0021】本発明では界磁用磁石31、32およびセ

ンサ磁石22の3部材に関して固定するか回転可能とするかの組み合わせは任意であり、例えば第2の界磁用磁石32とセンサ磁石22の磁極位相が固定されているとともに高速回転時には第2の界磁用磁石32の磁極が第1の界磁用磁石31の磁極に対して回転順方向に相対的にずれる構成としてもよい。

【0022】また、第2の界磁用磁石32とセンサ磁石22の磁極位相が固定されているとともに、高速回転時には第2の界磁用磁石32の磁極が第1の界磁用磁石31の磁極に対して回転逆方向に相対的にずれる構成としてもよい。

【0023】また、第1の界磁用磁石31とセンサ磁石22の磁極位相が固定されているとともに、高速回転時には第2の界磁用磁石32の磁極が第1の界磁用磁石31の磁極に対して回転逆方向にずれる構成としてもよい。

【0024】また、第1の界磁用磁石31と第2の界磁用磁石32の発生磁束量を異なるように配置した一例として、例えば図1(A)の状態において第1の界磁用磁石31と第2の界磁用磁石32の鎖交磁束量の比率が1:2の場合は、その比率が1:1の場合に比べて同一の磁極ずれ動作で界磁用巻線12に鎖交する磁束量の変化割合を増加させることができる。

【0025】さらに、センサ磁石22に別個の位相変更機構を設けることで、低回転時および高回転時において実質的に進角に変化がない構成をとることも可能である。第1と第2の界磁用磁石31、32の合成した磁極の位相を第1の界磁用磁石31の磁極に対して回転子2の回転に伴い変化させる機構としては図3に示すものが望ましい。

【0026】図3において、第1の界磁用磁石31は回転子コア7を介して回転軸21に固定されており、第2の界磁用磁石32は回転子コア8の中央の軸穴321に回転軸21が挿通されて回転軸21まわりに所定量回るようにになっている。第1の界磁用磁石31と第2の界磁用磁石32との間に作用する吸引力および／または反発力によって上記磁極ずれ動作が妨げられないように、両者間に数mmの間隔5を開けておくことが望ましい。

【0027】回転子の回転数の上昇に伴い遠心力によりガバナの可動側軸が回転軸に固定された固定部材のガイドに沿って動き、第2の界磁用磁石32に相対回転力を付与する手段をまず説明する。ガバナ固定部材33は回転軸21に固定されているとともに、このガバナ固定部材33の端面には中心角90度間隔で上下左右対称位置に設けた4つの穴331に各々回転支軸(固定軸)341が嵌着されている。ガバナ34は略円弧状の部品で両端部に貫通穴348、349を設けてある。貫通穴348には固定軸341が嵌着され、貫通穴349には可動側軸342が嵌着されてガバナ34を保持している。さらに、上記穴331の各近傍に回転軸21から点対称に

4つの円弧状の長穴(弧状のガイド)332が固定軸341(穴331)を中心とした弧状に設けてある。また、回転子コア8の片側面には中心角90度間隔で上下左右対称な半径方向に4つの長溝322が設けてあり、これらの各弧状のガイドおよび各長溝に上記可動側軸342が係合挿入されている。

【0028】回転子2の回転数が大きくなってくると遠心力によりガバナ34は図3(B)に示す状態に開きガバナ34の可動側軸342がガバナ固定部材33の弧状のガイド332に沿って外周側に動くと同時に、弧状のガイド332が長溝322に対して回転子2の外周側に向かって回転方向にずれて設けてある分だけ可動側軸342の長溝322挿入部分とその長溝322を介して回転子コア8を矢印方向に回転させるので第2の界磁用磁石32が第1の界磁用磁石31に対して矢印方向に回転する。

【0029】回転子の回転数が低い時に第1と第2の界磁用磁石の同じ極性の磁極を並ばせる手段として、ガバナの遠心力に抗して第2の界磁用磁石を原位置(第1の界磁用磁石31と第2の界磁用磁石32との同じ極性の磁極が隣り合っている位置)に復帰させる手段がある。この原位置に復帰させる手段として、図3に示すように、回転軸21に固定された第1の界磁用磁石31あるいは回転子コア7を介して、または回転軸21に直接に、一端が固定されており、他端が第2の界磁用磁石32に取り付けられているゼンマイ式のばね9とすることができる。このゼンマイ式のばね9の弾性で第2の界磁用磁石32は、ガバナ34にかかる遠心力に抗して原位置に引かれる。そのために、回転数が低い時には第2の界磁用磁石32と第1の界磁用磁石31の同極性が並ぶ(図3(A))。回転数が大きくなるとガバナの遠心力によって第2の界磁用磁石32がゼンマイ式のばね9の弾性力に抗して、第1の界磁用磁石31に対して相対的に回転する(図3(B))。

【0030】また、この原位置に復帰させる手段として、図4(A)(B)に示すように、上記4本の可動側の軸342同士がゴム部材343で接続されてその弾性力で引き合うようにすることもできる。このゴム部材343の張力により回転子2の回転数が低い時には図4(A)に示すようにガバナ34の可動側軸342は弧状のガイド332内において回転軸21に最も近い位置にある。このときは第2の界磁用磁石32と第1の界磁用磁石31の同極性が並ぶ。

【0031】また、原位置に復帰させる手段として、図5(A)(B)に示すように、第1と第2の界磁用磁石31、32の対向した端面に設けられ吸引しあうように磁化されている永久磁石313、323とすることができる。第1と第2の界磁用磁石31、32の同極性の磁極が並んでいる時には、端面に設けられた永久磁石313、323は異極性の磁極が対向しているので吸引し合

っている。回転数が大きくなって、ガバナによって第2の界磁用磁石32が第1の界磁用磁石31に対して相対的に回転すると対向している永久磁石313、323の位置がずれる。ガバナの遠心力が小さくなると、永久磁石313、323の吸引力によって原位置に戻される。

【0032】このように、第2の界磁用磁石32を第1の界磁用磁石31に対し所定量回転軸21まわりで相対回転させる機構は外部からの制御および動力を要せず、回転子2の構成部品に作用する遠心力のみで動作しているので、簡単な機構で容易かつ安価に磁石式ブラシレス電動機の鎖交磁束量の制御を行うことができる。

【0033】また、上記の通り回転子コア8に長溝322を設けてあるので長溝322からガバナ34に至る軸方向寸法(L)の長寸化を抑えることができるとともに、作用する遠心力を考慮して所定の回転数で上記の磁極ずれ動作が起こるようにゼンマイ式ばね9あるいはゴム部材343の、ばね定数を適宜設定することで、あるいは、対向して設けられた永久磁石313、323の吸引力を調整することで、後述の実施例に示されるように幅広い回転数領域で高いトルクおよびモータ交換効率を得ることができる。

【0034】

	低回転時進角 (度)	磁極ずれ (度)	高回転時進角 (度)	一歯有効磁束量 減少率(%)
実施例イ	20	0→28	6	34
実施例ロ	15	0→28	1	34
実施例ハ	10	0→28	-4	34
実施例ニ	5.5	0→28	-8.5	34
従来例ホ	5.5	0→0	5.5	0

【0037】図6、図7および表1について実施例イの磁石式ブラシレス電動機で代表して説明すると、回転数が低く1000rpm未満の時には低回転時進角が20度であるとともに、1000rpm以上に回転数が高くなって磁極ずれが28度(最大値)のときの高回転時進角が6度となるように設定してある。すなわち、回転数が1000rpm未満の時には、第1と第2の界磁用磁石31、32の磁極の位相ずれがなく同極性の磁極が並んでいる状態でセンサ進角を20度にしてある。そして、回転数が1000rpm以上になったときに第2の界磁用磁石32は遠心力によるガバナ34の働きで回転子2の回転方向に第1の界磁用磁石31に対して28度回転して、第1と第2の界磁用磁石31、32の合成した磁極の位相は第2の界磁用磁石32の磁極の位相の半分だけ進む。従って、進角はそれだけ遅れてくる。第2の界磁用磁石32の磁極ずれが最大の28度になったときにその半分の14度だけ進角が遅れて6度となる。このときの一歯有効磁束量減少率は34%(100%→66%)であり、従来例ホに比べて幅広い回転数領域で高いトルクおよびモータ交換効率を達成できていることがわかった。

【実施例】

(実施例イ～ニ) 本発明の上記磁石式ブラシレス電動機50において、第1および第2の界磁用磁石31、32として日立金属(株)製のNd-Fe-B系のラジアル異方性リング磁石(HS-30CR、外径74mm、軸長23mmのもの)を用いるとともにエアギャップ6を0.5mmとした条件で、回転数増加に伴う上記磁極ずれ機構によって、一歯有効磁束量減少率および進角を下記表1の条件で同時に変化させた場合の回転数-トルク特性を図6に、回転数-モータ変換効率を図7に示した。ここで、一歯有効磁束量とは磁石回転子から電機子の一磁極に流れ込む最大鎖交磁束量をいう。

【0035】(従来例ホ) 第1と第2の界磁用磁石は上記実施例のものと同じであるが、第2の界磁用磁石も第1の界磁用磁石と同じ磁極が並ぶようにして回転軸に固定するとともに進角を5.5度で固定した以外は上記実施例と同様にして評価した従来の磁石式ブラシレス電動機の回転数-トルク特性を図6に、回転数-モータ変換効率を図7に併記した。

【0036】

【表1】

【0038】また、実施例ロ、ハ、ニについても図示の通り、従来例ホに比べて幅広い回転数領域で高いトルクおよびモータ交換効率を達成できていることがわかった。さらに、実施例イ、ロ、ハ、ニを比較すると、低回転時進角の大きいものほど幅広い回転数領域で高いトルクおよびモータ交換効率を達成できていることがわかった。

【0039】図6、図7から明らかなように、本発明の磁石式ブラシレス電動機は、従来使用の電動機と比較して、定格トルク(7Nm)や最高効率を低下させることなく、無負荷回転数(n_{max})を2.8倍にまで引き上げることができた。また、幅広い回転数領域で高いトルクおよびモータ変換効率を得られた。

【0040】上記磁極ずれ角(θ :度)の大きさは、上記界磁用磁石31、32の外周側に対称n極の磁極パターンを形成した場合、そのn極の各磁極の中心角を(x :度)とすると、 $x/2 \leq \theta \leq 0.8x$ とすることが好ましい。これは、($x/2$:度)未満では回転数の増加に伴う磁極ずれ動作による一歯有効磁束量の減少率が30%以上を確保でき難いとともに、($0.8x$:度)を超えると逆方向の回転力の発生を招来する可能性

が高くなり本発明の上記磁極ずれ機構に支障を来すからである。

【0041】進角(α :度)は、 $0 < \alpha \leq x/2$ とすることが好ましい。この上限値は進角の定義から自明であり、下限値は0を含まない制御可能な進角を設定可能であるからである。

【0042】上記実施例では、一歯有効磁束量を34%減少させた例を記載したが、本発明によれば一歯有効磁束量の減少率を30%以上とすることが極めて容易である。さらに、より好ましくはその減少率を40%以上、特に好ましくは50%とすることも可能である。

【0043】また、上記本発明の態様では、第1、第2の界磁用永久磁石の外周面に同じ対称8極の磁極パターンを形成した場合を記載したが、両者が同じ非対称の磁極パターンであってもよい。さらに、磁極数は限定されるものではないが好ましくは2極~128極、より好ましくは4~32極のものに非常に有用である。また、第1および第2の界磁用磁石が異なる磁極パターンを有していてもよい。さらには、例えば第1および第2の界磁用磁石の同じ磁極が並んだ状態において発生する鎖交磁束量の比率を異なる適宜の値に設定することで、高回転数になるとともに1つの磁極ずれ動作によってより大きな鎖交磁束量の変化が可能である。

【0044】また、上記本発明の態様では、同軸に配置した2つの界磁用磁石を用いて回転数の変化に伴ってそのうちの1つを相対回転させることで磁石式ブラシレス電動機の鎖交磁束量を減少させたが、3つ以上の界磁用磁石を用いて1つまたは2つ以上の界磁用磁石を回転軸に固定するとともに残りの界磁用磁石を相対回転させることでも本発明を構成することができる。

【0045】また、本発明では界磁用磁石の形状、寸法、個数等は限定されるものではなく、回転子の外周面回転方向に交互に異なる磁極が形成されるように回転子コア上に任意の界磁用磁石を配置可能である。例えば、固定子に対向配置させた回転子コアの外周面回転方向にアークセグメント磁石をリング状に連続して貼り付けするか、あるいはその回転子コアの外周面回転方向に所定の間隙を開けてアークセグメント磁石を所定の磁極数分配置する構成等により上記回転子2に代えてもよい。また、上記図1の界磁用磁石の外周面に薄いカバー(例えば、非磁性カバー等)を配置したもので上記回転子2に代えてもよい。

【0046】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の磁石式ブラシレス電動機は低い回転数の時は従来のものと同じ様に高いトルクが得られるとともに、従来のものと比較して3倍近い高い回転数まで高いトルクで変換効率良く使用できるものとなったので、例えば自動車の駆動用電動機として内燃機関に代えて使える有用なものとなった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁石式ブラシレス電動機の位置態様を示す主要部の分解斜視図であり、磁極ずれが無い状態(A)および磁極ずれ状態(B)を示している。

【図2】本発明の磁石式ブラシレス電動機において界磁用磁石の磁極の進角を説明する図であり、磁極ずれが無い状態(A)および磁極ずれ状態(B)を示している。

【図3】本発明の磁石式ブラシレス電動機において、第1と第2の界磁用磁石の合成した磁極の位相を第1の界磁用磁石の磁極に対して回転子の回転に伴い変化させる機構を示す分解斜視図であり、(A)は低回転の時、(B)は高回転の時である。

【図4】本発明の磁石式ブラシレス電動機において、第1と第2の界磁用磁石の合成した磁極の位相を第1の界磁用磁石の磁極に対して回転子の回転に伴い変化させる機構の他の実施例を示す平面図であり、(A)は低回転の時、(B)は高回転の時である。

【図5】本発明の磁石式ブラシレス電動機において、第1と第2の界磁用磁石の合成した磁極の位相を第1の界磁用磁石の磁極に対して回転子の回転に伴い変化させる機構のさらに他の実施例を示す平面図であり、(A)は低回転の時、(B)は高回転の時である。

【図6】本発明および従来の磁石式ブラシレス電動機の回転数-トルク特性の一例を示す図である。

【図7】本発明および従来の磁石式ブラシレス電動機の回転数-モータ変換効率の一例を示す図である。

【図8】トランスミッション付の内燃機関の出力特性図である。

【図9】従来のブラシレスDC電動機の実験図である。

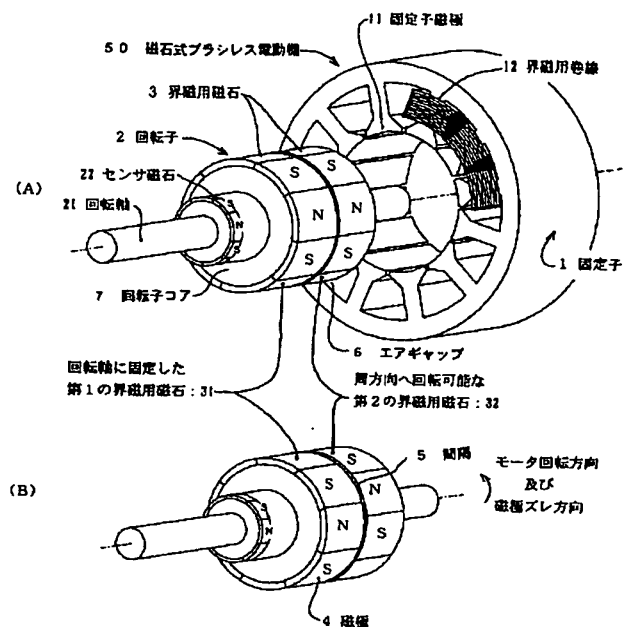
【符号の説明】

- 1 固定子
- 2 回転子
- 3 界磁用磁石
- 4 磁極
- 5 間隔
- 6 エアギャップ
- 7、8 回転子コア
- 9 ゼンマイ式のばね
- 11 固定子磁極
- 12 界磁用巻線
- 21 回転軸
- 22 センサ磁石
- 31 第1の界磁用磁石
- 32 第2の界磁用磁石
- 33 固定部材
- 34 ガバナ
- 50 磁石式ブラシレス電動機
- 313、323 永久磁石
- 321 軸穴
- 322 長溝
- 331 穴

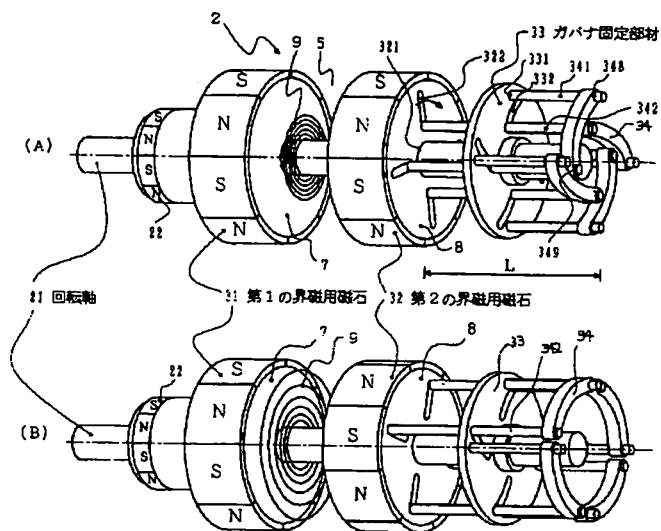
- 332 弧状のガイド
 341 回転支軸（固定軸）
 342 可動側軸

- 343 ゴム部材
 348、349 貫通穴

【図1】

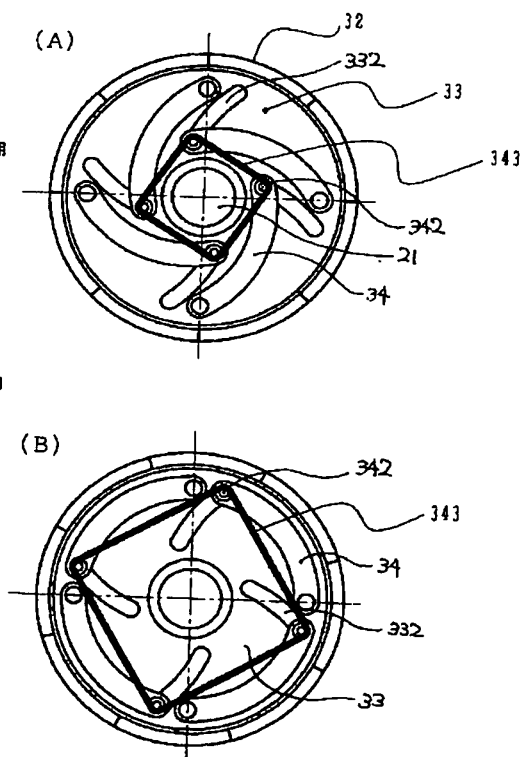
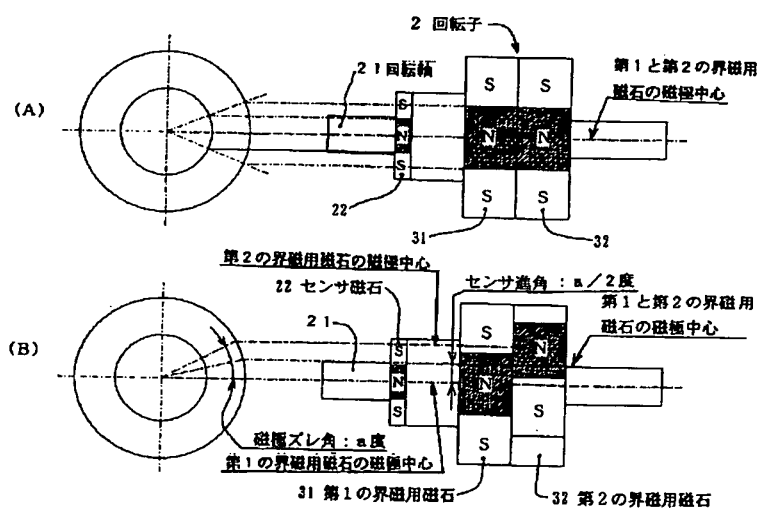


【図3】

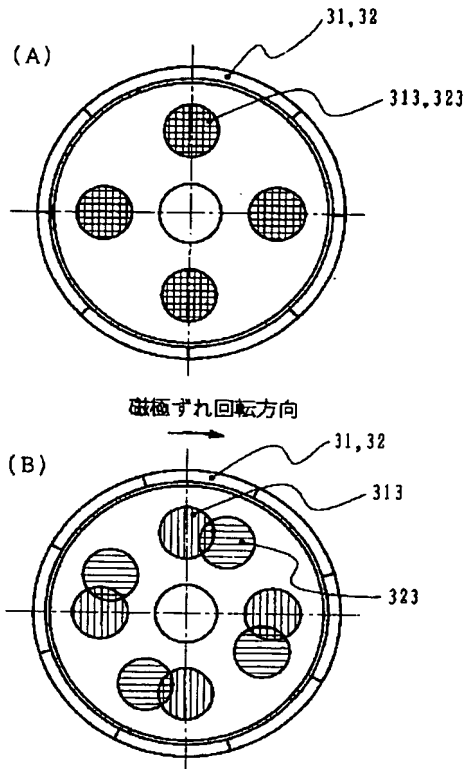


【図4】

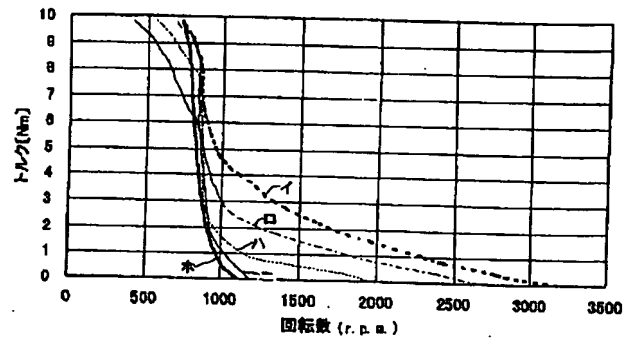
【図2】



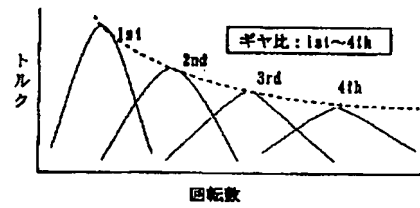
【図5】



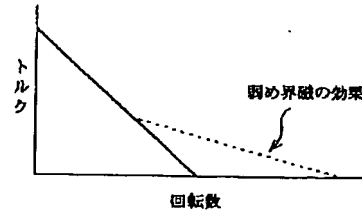
【図6】



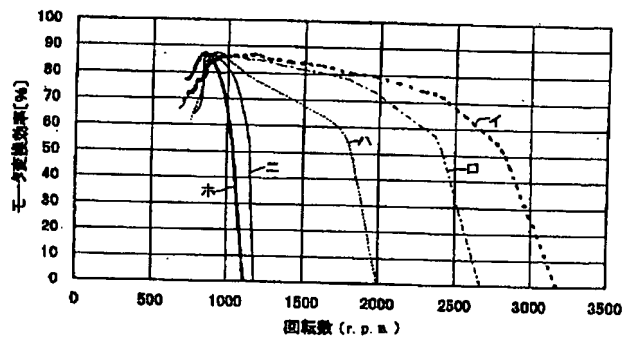
【図8】



【図9】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 三田 正裕

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地 日立金属株
式会社磁性材料研究所内